

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2002 年 10 月 10 日 (10.10.2002)

PCT

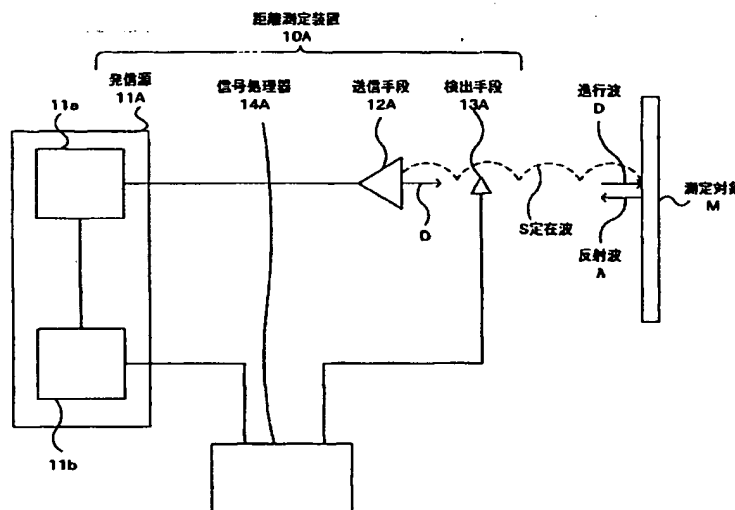
(10) 国際公開番号
WO 02/079799 A1

- (51) 国際特許分類⁷: G01S 13/32, G01B 15/00, (71) 出願人 および
G01S 17/32, G01C 3/06, G01B 11/00 (72) 発明者: 入谷 忠光 (IRITANI, Tadamitsu) [JP/JP];
〒770-0874 徳島県 徳島市 南沖洲 1 丁目 10 番 17 号
Tokushima (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP02/01825
- (22) 国際出願日: 2002 年 2 月 27 日 (27.02.2002) (74) 代理人: 山内 康伸 (YAMAUCHI, Yasunobu); 〒760-
0023 香川県 高松市 寿町 1 丁目 1 番 8 号 日本生命高松
駅前ビル 3 階 Kagawa (JP).
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB,
BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,
ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT,
LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ,
OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (30) 優先権データ:
特願2001-109270 2001 年 3 月 1 日 (01.03.2001) JP
特願2001-130355 2001 年 3 月 24 日 (24.03.2001) JP
特願2001-237280 2001 年 8 月 6 日 (06.08.2001) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 積水樹脂
株式会社 (SEKISUI JUSHI CORPORATION) [JP/JP];
〒530-0047 大阪府 大阪市 北区西天満 2 丁目 4 番 4 号 堂
島関電ビル 6 階 Osaka (JP). (84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW,
MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特

[続葉有]

(54) Title: DISTANCE MEASURING DEVICE, DISTANCE MEASURING EQUIPMENT AND DISTANCE MEASURING METHOD

(54) 発明の名称: 距離測定装置、距離測定設備および距離測定方法



10A...DISTANCE MEASURING DEVICE
11A...SOURCE
14A...SIGNAL PROCESSOR
12A...TRANSMISSION MEANS
13A...DETECTION MEANS

S...STANDING WAVE
A...REFLECTION WAVE
D...PROGRESSIVE WAVE
M...OBJECT OF MEASUREMENT

(57) Abstract: A distance measuring device (10) for measuring a distance to an object (M) of measurement, comprising a source (11) for outputting variable-frequency signals, a transmission means (12) for emitting an electromagnetic wave having the same frequency as that of an output signal

[続葉有]



許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

from the source (11), a detection means (13) provided between the transmission means (12) and the object (M), for detecting the amplitude of a standing wave (S) formed between the transmission means (12) and the object (M) and outputting a detection signal, and a signal processor (14) for producing a detection signal function indicative of a detection signal value relative to the output signal frequency to calculate, from its frequency, the distance between the detection means (13) and the object (M) of measurement.

(57) 要約:

本発明の距離測定装置は、測定対象Mまでの距離を測定するための測定装置10であって、測定装置10が、出力信号の周波数が可変である発信源11と、発信源11から出力された出力信号の周波数と同一の周波数を有する電磁波を放出する送信手段12と、送信手段12と測定対象Mとの間に設けられ、送信手段12と測定対象Mとの間に形成される定在波Sの振幅を検知し、検出信号を出力する検出手段13と、出力信号の周波数に対する検出信号の値を示す検出信号関数を形成し、その周期から検出手段13と測定対象Mとの間の距離を算出する信号処理器14とからなる。

明細書

距離測定装置、距離測定設備および距離測定方法

5 技術分野

本発明は、距離測定装置に関する。

- アンテナや発光器から発信された電波や光等の波（進行波）は、その進行方向に測定対象があると、その測定対象で反射して進行波と逆向きに進む反射波となる。このため、アンテナ等から連続して電波等を出力すると、進行波と反射波が干渉して、
- 10 アンテナと測定対象との間には定在波が形成される。本発明は上記のような定在波を用いて、測定対象までの距離を測定する距離測定装置、距離測定設備および距離測定方法に関する。

背景技術

- 15 電波を利用した距離決定装置としては、マイクロ波やミリ波を用いた電波レーダが一般によく知られている。電波レーダは方式によりパルスレーダ、FM CWレーダ等に分けられる。また、最近ではスペクトル拡散レーダあるいはCDMAレーダも見られる。

- パルスレーダは、パルス信号を発信してからそれが測定対象で反射し戻ってくるまでの時間を計測することにより測定対象までの距離を求めるものである。
- 20 。また、スペクトル拡散レーダやCDMAレーダも基本的にはパルスレーダ同様、測定対象までの往復の伝搬時間に基づき距離を測定するものである。

- FMCWレーダは、周波数掃引した連続波を発信し発信信号と反射信号の周波数差から測定対象までの距離を求めるものである。この方式は測定対象の移動速度も
- 25 同時に測定することができるという特徴がある。

しかるに、これらのレーダでは一般的に近距離の測定が難しく、最小探知距離は数10m以上であるという問題がある。

また、その他のレーダとしてはドップラレーダがあり、このドップラレーダは構造が簡単で近距離対象の測定も可能であるが、停止している測定対象まで

の距離を測定することはできないという問題がある。

さらに、従来のレーダでは、複数のレーダを近くで同時に使用した場合、受信器が他のレーダから発信された信号を受信することを避ける手段がなく、測定誤差が著しく増大したり、測定ができなくなるという問題がある。

- 5 一方、現在、車に対する障害物、特に歩行者との衝突を回避するために、障害物を検出し、その障害物と車の間の距離を測定する車載レーダが検討されている。この車載レーダは、最小探知距離が数10 cm以下かつ相対的に停止している測定対象との間の距離の測定が必要であり、しかも他の車の車載レーダの発信信号の影響を受けることなく距離測定を行えなければならない。しかし、従来のレーダでは、この3つの条件を満たすことができない。したがって、上記の3つの条件を満たすレーダが求められている。

発明の開示

- 第1発明の距離測定装置は、測定対象までの距離を測定するための測定装置
15 であって、該測定装置が、出力信号の周波数が可変である発信源と、該発信源に接続され、該発信源から出力された出力信号の周波数と同一の周波数を有する電磁波を、前記測定対象との間に存在する伝搬媒質に放出する送信手段と、該送信手段と前記測定対象との間に設けられ、該送信手段と前記測定対象との間において、前記伝搬媒質中に形成される定在波の振幅を検知し、検知した定在波の振幅に対応する検出信号を出力する検出手段と、該検出手段が発信した
20 検出信号および前記発信源から発信された出力信号の周波数情報が入力され、前記出力信号の周波数に対する前記検出信号の値を示す検出信号関数を形成し、その周期から前記検出手段と前記測定対象との間の距離を算出する信号処理器とからなることを特徴とする。

- 25 第2発明の距離測定装置は、測定対象までの距離を測定するための測定装置であって、該測定装置が、出力信号の周波数が可変である発信源と、該発信源に接続され、該発信源から出力された出力信号の周波数と同一の周波数を有する電磁波を、前記測定対象との間に存在する伝搬媒質に放出する送信手段と、該送信手段と前記測定対象との間に設けられ、該送信手段と前記測定対象との

間において、前記伝搬媒質中に形成される定在波の振幅を検知し、検知した定在波の振幅に対応する検出信号を出力する検出手段と、該検出手段が発信した検出信号および前記発信源から発信された出力信号の周波数情報が入力され、前記出力信号の周波数に対する前記検出信号の値を示す検出信号関数を形成し、
5、該検出信号関数が極大または極小となる少なくとも2以上の出力信号の周波数を検出し、該2以上の出力信号の周波数のうち2つの選択周波数と、該2つの選択周波数の間における極大または極小となる出力信号の周波数の数とから前記検出手段と前記測定対象との間の距離を算出する信号処理器とからなることを特徴とする。

10 第3発明の距離測定装置は、第2発明において、前記発信源から出力される出力信号を周波数変調させるための変調器が設けられており、前記検出手段が、前記定在波の振幅を検出し、その振幅に対応した振幅を有する検知信号を出力する受信部と、前記変調器から変調信号が入力され、該変調信号によって前記検知信号を同期検波して検波信号を形成し、該検波信号の振幅に対応する検
15 出信号を出力する検波部とを備えたことを特徴とする。

第4発明の距離測定装置は、測定対象までの距離を測定するための測定装置であって、該測定装置が、周期的に発光強度が変化する光を発信し、その周波数が可変である発光源と、該発光源から発信された光を2つに分光し、分光された一方の光を前記測定対象との間に存在する伝搬媒質に放出する分光手段と、
20、前記測定対象で反射した一方の光と、分光された他方の光を干渉させて定在波を形成する定在波形成手段と、該定在波形成手段によって形成された定在波の振幅を検知し、検知した定在波の振幅に対応する検出信号を出力する検出手段と、該検出手段が発信した検出信号および前記発光源から発信された光の発光強度変化の周波数情報が入力され、該光の発光強度変化の周波数に対する検
25 出信号の値を示す検出信号関数を形成し、その周期から前記検出手段と前記測定対象との間の距離を算出する信号処理器とからなることを特徴とする。

第5発明の距離測定装置は、測定対象までの距離を測定するための測定装置であって、該測定装置が、周期的に発光強度が変化する光を発信し、その周波数が可変である発光源と、該発光源から発信された光を2つに分光し、分光さ

れた一方の光を前記測定対象との間に存在する伝搬媒質に放出する分光手段と、前記測定対象で反射した一方の光と、分光された他方の光を干渉させて定在波を形成する定在波形成手段と、該定在波形成手段によって形成された定在波の振幅を検知し、検知した定在波の振幅に対応する検出信号を出力する検出手段と、該検出手段が発信した検出信号および前記発光源から発信された光の発光強度変化の周波数情報が入力され、該光の発光強度変化の周波数に対する検出信号の値を示す検出信号関数を形成し、該検出信号関数が極大または極小となる少なくとも2以上の発光強度変化の周波数を検出し、該2以上の発光強度変化の周波数のうち2つの選択周波数と、該2つの選択周波数の間における極大または極小となる出力信号の周波数の数とから前記検出手段と前記測定対象との間の距離を算出する信号処理器とからなることを特徴とする。

第6発明の距離測定装置は、第5発明において、前記発光源が発信する光の発光強度変化を周波数変調させるための変調器が設けられており、前記検出手段が、前記定在波の振幅を検出し、その振幅に対応した振幅を有する検知信号を出力する受信部と、前記変調器から変調信号が入力され、該変調信号によって前記検知信号を同期検波して検波信号を形成し、該検波信号の振幅に対応する検出信号を出力する検波部とを備えたことを特徴とする。

第7発明の距離測定設備は、測定対象の空間座標を検出することができる測定設備であって、該測定設備が、複数の第1発明、第2発明、第3発明、第4発明、第5発明または第6発明の距離測定装置と、該複数の距離測定装置を、同期して作動させる制御装置とからなり、各距離測定装置の信号処理器が算出した検出手段と前記測定対象との間の距離が入力され、入力された各測定装置における検出手段と前記測定対象との間の距離と、各距離測定装置の検出手段同士の相対的な位置とから測定対象の空間座標を算出する演算装置とからなることを特徴とする。

第8発明の距離測定方法は、測定対象までの距離を測定するための測定方法であって、送信手段によって、送信手段と測定対象の間に存在する伝搬媒質に電磁波を放出して、前記送信手段と測定対象との間において、伝搬媒質中に定在波を形成させ、前記送信手段と前記測定対象の間における一定の位置において、検出手段によ

って、前記定在波の振幅を検出し、前記送信手段が放出する電磁波の周波数を変化させて、該周波数に対する前記定在波の振幅を示す振幅曲線を形成し、該振幅曲線の周期から、前記検出手段と前記測定対象との間の距離を算出することを特徴とする。

5

図面の簡単な説明

図1は 第一実施形態の距離測定装置 10A の概略ブロック図である。

図2は (A) は検出信号関数 $A(f, d_1)$ を示した図であり、(B) および (C) は、検出信号関数 $A(f, d_1)$ をフーリエ変換した変換関数 $F(cy)$ を示した図である。

図3は距離測定装置 10A によって測定対象Mまでの距離を測定する作業のフローチャートである。

図4は距離測定装置 10A によって測定対象Mまでの距離を測定する作業のフローチャートである。

15 図5は第二実施形態の距離測定装置 10B の概略ブロック図である。

図6は (A) は、出力信号の周波数と、受信部 13B の位置における定在波 S の振幅 S P の関係を示した図であり、(B) は検波部 13b が出力した検出信号と発信部 11a が出力した信号の周波数 f から形成される検出信号関数 $A(f, d_1)$ を示した図である。

20 図7は距離測定装置 10B によって測定対象Mまでの距離を測定する作業のフローチャートである。

図8は定在波 S の形成を説明する概略説明図である。

図9は伝送線路 L に沿った距離を測定する距離測定装置 10C の概略説明図である。

25 図10は第三実施形態の距離測定装置 10D のブロック図である。

図11は本実施形態の距離測定設備 1 のブロック図である。

図12は (A) は本実施形態の距離測定設備 1 による位置測定方法の概略説明図であり、(B) は位置を算出するために使用される式である。

発明を実施するための最良の形態

つぎに、本発明の実施形態を図面に基づき説明する。

図 1 は、第一実施形態の距離測定装置 10A の概略ブロック図である。

同図に示すように、第一実施形態の距離測定装置 10A は、発信源 1 1、送信
5 手段 1 2、検出手段 1 3 および信号処理器 1 4 から基本構成されており、送信
手段 1 2 と測定対象 M との間に形成される定在波 S を用いて、測定対象 M まで
の距離を測定するようにしたことが特徴である。

まず、第一実施形態の距離測定装置 10A を説明する前に、定在波 S について
説明する。

10 図 8 は定在波 S の形成を説明する概略説明図である。同図に示すように、電
磁波発生器 B 1 から周波数 f の電磁波を空気等の伝搬媒質中に放出すると、電
磁波は、進行波 D となって伝搬媒質中を進行する。この進行波 D において、電
磁波発生器 B 1 から距離 x の位置における振幅 VD は、その周波数 f と x の関
数として、以下の式で表される。

15
$$VD(f, x) = \exp(j 2 \pi f / c \cdot x)$$

なお、符号 c は光速を示している。

やがて、進行波 D が測定対象 M に到達すると、進行波 D が測定対象 M で反射
して反射波 R となり、この反射波 R は測定対象 M から電磁波発生器 B 1 に向か
って進行する。この反射波 R において、電磁波発生器 B 1 から距離 x の位置に
20 における振幅 VR は、進行波 D の周波数 f と電磁波発生器 B 1 からの距離 x の関
数として、以下の式で表される。

$$VR(f, x) = MR \cdot \exp(j 2 \pi f / c \cdot (2d - x))$$
$$(MR = r \cdot \exp(j \phi))$$

なお、符号 MR は、測定対象 M における電磁波の反射係数を示している。

25 そして、図 8 (B) に示すように進行波 D と反射波 R が干渉すると、電磁波
発生器 B 1 と測定対象 M との間に定在波 S が形成される。この定在波 S の振幅
SP を、電磁発生器 B 1 から x_1 だけ測定対象 M に近い検出器 B 2 で測定すると
、検出器 B 2 が検出する定在波 S の振幅 SP は、進行波 D の周波数 f の関数と
して以下の式で示される。

$$S_p(f, x_1) = (1 + r^2 + 2r \cos(2\pi f/c \cdot 2d_1 + \phi))^{1/2}$$

$$(d_1 = d - x_1)$$

上記のように、検出器B 2が設けられた位置における定在波Sの振幅SPは、電磁波発生器B 1から発生される進行波Dの周波数fに対して周期的であつて、その周期が $c/2d_1$ となる。つまり、定在波Sの振幅SPは、検出器B 2から測定対象Mまでの距離 d_1 に反比例する。したがって、進行波Dの周波数fを変化させれば、検出器B 2が設けられた位置において、進行波Dの周期fに対する定在波Sの振幅SPの変動周期を求めることができるので、定在波Sによって測定対象Mまでの距離を測定できるのである。

さて、第一実施形態の距離測定装置10Aについて説明する。

図1に示すように、発信源11Aは、発信部11aと周波数制御部11bとから構成されており、発信部11aは、例えば交流電源等、一定の周波数fの信号を出力できるものである。周波数制御部11bは、発信部11aが出力する信号の周波数fを制御するためのものである。また、周波数制御部11bは、発信部11aの発信の発信した周波数fに関する情報、例えば、発信部11aが発信した信号の周波数fの数値や発信部11aが発信する信号と同じ周波数fを有する信号等を出力することができるものである。

前記発信源11Aには、例えばアンテナや増幅器等の送信手段12Aが接続されている。この送信手段12Aは、送信手段12Aと測定対象Mとの間に存在する、例えば空気や水等の伝搬媒質中もしくは真空中に、発信源11Aの発信部11aが発信した信号と同じ周波数fを有する電磁波を放出するものである。

このため、発信源11Aの周波数制御部11bによって発信部11aが発信する信号の周波数fを変えれば、送信手段12Aから放出される電磁波の周波数を変えることができる。

前記送信手段12Aと測定対象Mとの間には、アンテナや振幅検出器、自乗検波器等の検出手段13Aが設けられている。この検出手段13Aは、送信手段12Aから放出された電磁波（以下、進行波Dという）と、測定対象Mにおいて、反射した反射波とが干渉して形成される定在波Sの振幅SPを検知するためのものであり、測定対象Mから距離 d_1 の位置に設けられている。この検出手段1

3A. は、定在波 S の振幅 SP に対応する検出信号、例えば、定在波 S の振幅 SP と同じ、もしくは振幅 SP の自乗に比例した電流や電圧等を出力することができるものである。

前記検出手段 13A には、信号処理器 14A が接続されている。この信号処理器 14A は、例えばデジタルシグナルプロセッサ (DSP) やメモリ等であり、入力されたデータを記録する記録部と、この記録部に記録されたデータを演算する演算部を備えており、この演算部によって検出手段 13A から測定対象 M までの距離 d_1 を算出することができるものである。

また、信号処理器 14A は、前記発信源 11A の周波数制御部 11b にも接続されており、発信源 11A の周波数制御部 11b から発信部 11a の発信した出力信号の周波数 f に関する情報 (以下、単に出力信号の周波数情報という) を受けるとともに、検出手段 13A から検出信号を受信したときに、発信源 11A の周波数制御部 11b に受信確認信号を送ることができる。

なお、第一実施形態の距離測定装置 10A では、送信手段 12A と検出手段 13A を別々に設けているが、1つのアンテナによって送信手段 12A と検出手段 13A とを兼用させてもよい。この場合、装置をコンパクトかつ簡単な構造のものとすることができる。

つぎに、第一実施形態の距離測定装置 10A の作用と効果を説明する。

図 2 (A) は検出信号関数 $A(f, d_1)$ を示した図であり、(B) および (C) は、検出信号関数 $A(f, d_1)$ をフーリエ変換した変換関数 $F(cy)$ を示した図である。図 3 は、距離測定装置 10A によって測定対象 M までの距離を測定する作業のフローチャートである。

図 1 ~ 図 3 に示すように、まず、発信源 11A の周波数制御部 11b によって、発信部 11a が発信する信号の初期周波数 f_L および最終周波数 f_U を設定する。

そして、周波数制御部 11b によって発信部 11a から周波数 f が初期周波数 f_L である信号を発信させれば、その信号を受けた送信手段 12A から、周波数 f が初期周波数 f_L である進行波 D が、測定対象 M に向けて、伝搬媒質中に放出される。このとき、出力信号の周波数情報が周波数制御部 11b から信号処理器 14A に送信される。

送信手段 12A から放出された進行波Dは伝搬媒質中を伝播して、測定対象Mに到達し、この測定対象Mで反射して反射波となり、進行波Dと逆向き、つまり送信手段 12A に向かって伝搬媒質中を伝播する。すると、進行波Dと反射波が干渉して、送信手段 12A と測定対象Mの間における伝搬媒質中に、定在波S
5 が形成される。

この定在波Sの振幅SPは、送信手段 12A と測定対象Mの間に設けられた検出手段 13A によって検知され、検出手段 13A が定在波Sの振幅SPに対応する検出信号を信号処理器 14A に送信する。

検出手段 13A からの検出信号を受けた信号処理器 14A は、記録手段によって
10 検出信号の値Pを周波数制御部 11b から送信された出力信号の周波数情報と1対1に対応させて、記録する。同時に、周波数制御部 11b に受信確認信号を送信する。

信号処理器 14A からの受信確認信号を受けた周波数制御部 11b は、発信部 11a が発信する信号の周波数 f をステップ周波数 Δf だけ変化させる。すると、
15 送信手段 12A から放出される進行波Dの周波数 f が $f_L + \Delta f$ に変化するが、進行波Dは一定の速度（光速）で伝播するため、進行波Dの波長が変化することになる。

したがって、送信手段 12A と測定対象Mとの間における伝搬媒質中に形成される定在波Sが変化し、検出手段 13A が検知する定在波Sの振幅SPが変化するので、検出手段 13A から信号処理器 14A に送られる検出信号の値Pが変化する。
20 この検出信号の値Pは、信号処理器 14A の記録手段によって、発信部 11a の出力信号の周波数情報と1対1に対応させて、記録される。

そして、再び信号処理器 14A からの受信確認信号を受けると、周波数制御部 11b は、発信部 11a が発信する信号の周波数 f をステップ周波数 Δf 分だけ変
25 化させる

上記の処理を、発信部 11a が発信する信号の周波数 f が最終周波数 f_U と一致するまでくり返し、発信部 11a が出力する出力信号の周波数 f が最終周波数 f_U と一致すると、発信部 11a の発信が停止される。

ついで、信号処理器 14A の演算手段によって、記録手段に記録されている出

力信号の周波数情報と検出信号の値 P をから、検出信号関数 $A(f, d_1)$ が形成される。そして、信号処理器 14A の演算手段が、検出信号関数 $A(f, d_1)$ をフーリエ変換することによって、変換関数 $F(cy)$ が形成される。この変換関数 $F(cy)$ は、検出信号関数 $A(f, d_1)$ の周期 cy の位置にピークを有する関数となるので、信号処理機 14A によって変換関数 $F(cy)$ から検出信号関数 $A(f, d_1)$ の周期 cy を算出することができる。

前述したように、検出信号関数 $A(f, d_1)$ の周期 cy 、つまり定在波 S の振幅 SP の周期は検出手段 13A から測定対象 M までの距離 d_1 に対して反比例するので、その周期より検出手段 13A から測定対象 M までの距離 d_1 を算出することができる。

したがって、距離測定装置 10A は、検出手段 13A から測定対象 M までの距離 d_1 を測定することができる。

また、検出手段 13A から測定対象 M までの距離 d_1 は、出力信号の周波数 f に対する定在波 S の振幅 SP の周期にのみ依存し、送信手段 12A によって進行波 D を発信してから測定対象 M に反射して検出手段 13A に戻るまでの時間の影響を受けないので、測定対象 M までの距離 d_1 が数 10 センチ以下の近距離であっても、精度よく測定できる。

さらに、複数の測定対象 M の間に、複数の定在波 S が形成された場合、検出手段 13A が発信する検出信号は、複数の定在波 S の振幅 SP が合成された値に対応するものとなる。すると、信号処理器 14A の演算手段が形成する検出信号関数 $A(f, d_1)$ は、検出手段 13A の位置における複数の定在波 S の振幅 SP の変動を示す関数が合成された合成関数となるが、検出信号関数 $A(f, d_1)$ をフーリエ変換することによって形成される変換関数 $F(cy)$ は、各定在波 S の周期においてそれぞれ極大値を有する関数となる(図 2 (C) 参考)。

したがって、複数の定在波 S の振幅 SP の変動周期をそれぞれ求めることができるので、複数の測定対象 M と検出手段 13A との間の距離 x を、それぞれ測定することができる。

さらに、発信部 11a が出力する出力信号の周波数 f を初期周波数 f_L から最終周波数 f_U までステップ周波数 Δf ごとに直線的に変化させるかわりに、初期周

波数 f_L と最終周波数 f_U 間で出力信号の周波数 f をランダムに変化させて、各周波数 f における定在波 S の振幅 SP を測定してもよい。この場合であっても、出力信号の周波数 f と定在波 S の振幅 SP を対応させることができるので、信号処理器 14A の演算手段によって検出信号関数 $A(f, d_1)$ を形成すること
5 ができる。

この場合、次のような効果が得られる。例えば、 M 系列符号等に従い出力信号の周波数 f をランダムに変化させれば、距離測定装置 10A 同士が、同じタイミングで、同位相かつ同じ周波数 f の電磁波を発信する確率はほとんどなくなる。

10 そして、定在波 S の振幅 SP は同一周波数の成分によって生じるものであるため、たとえ検出手段 13A が他の距離測定装置が発信した電磁波を受信しても、その信号成分は低域通過フィルタ等により容易に除去可能である。

よって、他の距離測定装置から発信された電磁波によって測定誤差が著しく増大したり、測定不能となることを防ぐことができる。

15 また、信号処理器 14A の演算手段によって、検出信号関数 $A(f, d_1)$ の周期を求める代わりに、検出信号関数 $A(f, d_1)$ が極大極小となる出力信号の周期数 f を 2 以上求めて、それらの周波数 f から測定対象 M と送信手段 12A との間の距離 x を求めてもよい。

図 4 に示すように、信号処理器 14A によって検出信号関数 $A(f, d_1)$ を形成した後、信号処理器 14A によって検出信号関数 $A(f, d_1)$ が極小または極大となる 2 以上の周波数 $f_n \sim f_{n+k}$ を検出する。

ついで、この 2 以上の周波数 $f_n \sim f_{n+k}$ のうち、2 つの選択周波数 f_n, f_{n+k} を選択する。そして、この 2 つの選択周波数 f_n, f_{n+k} の間に形成される極小または極大となる周波数の数 $k-1$ を算出する。

25 すると、検出手段 13A と測定対象 M との間の距離 d_1 は、以下の式によって求められる。

$$d_1 = k \cdot c / (4 \cdot (f_{n+k} - f_n))$$

つまり、2 つの選択周波数 f_n, f_{n+k} と、この 2 つの選択周波数 f_n, f_{n+k} の間に形成される極小または極大となる周波数の数 $k-1$ を算出すること

によって、検出手段13Aから測定対象Mまでの距離を測定することかできる。

つぎに、第二実施形態の距離測定装置 10B を説明する。

図5は第二実施形態の距離測定装置 10B の概略ブロック図である。同図に示すように、第二実施形態の距離測定装置 10B は、発信源 11B、送信手段 12B、

- 5 検出手段 13B および信号処理器 14B に加えて、変調器 20 を設け、信号処理器 14B が検出信号関数 $A(f, d_1)$ の極大または極小となる発信部 11a の出力信号の周波数 f を検出する精度を高くしたことが特徴である。

- 図5に示すように、発信源 11B において、発信部 11a と周波数制御部 11b との間には、変調器 20 が設けられている。この変調器 20 は、周波数制御部 11b が発信部 11a から出力させる周波数 f を設定した場合、発信部 11a からはこの周波数 f を中心周波数として周期的に変動する信号を出力させるためのものである。つまり、発信部 11a の出力信号に周波数変調を加えるためのものである。

- また、この変調器 20 は、検出手段 13B に、変調信号を出力することができる。この変調信号とは、周波数変調された発信部 11a の出力信号において、周波数制御部 11b が設定した周波数 f に対して周期的に変動する変動成分の信号である。

前記検出手段 13 には、受信部 13a と検波部 13b が設けられている。

- 受信部 13a は、定在波 S の振幅 SP を検出し、その振幅 SP に対応した振幅を有する検知信号を出力するものである。

- この受信部 13a には、検波部 13b が接続されている。この検波部 13b は、前記変調器 20 からの変調信号および受信部 13a からの検知信号を記録する記録部と、この記録部に記録された検知信号を変調信号を用いて同期検波して検波信号を形成し、この検波信号の振幅に対応する検出信号を出力する演算する演算部を備えている。

また、検波部 13b は、前記受信部 13a からの検知信号を受けると、変調器 20 に受信確認信号を送ることができる。

なお、第一実施形態の距離測定装置 10A と同様に、第二実施形態の距離測定装置 10B においても、送信手段 12B と検出手段 13B を別々に設けているが、

1つのアンテナによって送信手段 12B と検出手段 13B とを兼用させてもよい。
この場合、装置をコンパクトかつ簡単な構造のものとすることができる。

つぎに、第二実施形態の距離測定装置 10B の作用と効果を説明する。

5 なお、周波数変調を行う作業以外は、第一実施形態の距離測定装置 10A において、信号処理器 14 が検出信号関数 $A(f, d_1)$ の極大極小を求める場合と同じであるので、以下には周波数変調を行う作業のみを説明する。

図 6.(A) は、出力信号の周波数と、受信部 13B の位置における定在波 S の振幅 S P の関係を示した図であり、(B) は検波部 13b が出力した検出信号と発信部 11a が出力した信号の周波数 f から形成される検出信号関数 $A(f, d_1)$ 10) を示した図である。図 7 は距離測定装置 10B によって測定対象 M までの距離を測定する作業のフローチャートである。

図 5 ~ 図 7 に示すように、まず、周波数制御部 11b が設定した周波数が周波数 f である場合、変調器 20 によって周波数変調が加えられ、発信部 11a からは、周波数 f が $f + f d \cos \theta$ ($\theta = 0$) である信号が発信され、その信号を受けた 15 送信手段 12B から、周波数 f が初期周波数 $f + f d \cos \theta$ ($\theta = 0$) である進行波 D が、測定対象 M に向けて、伝搬媒質中に放出される。このとき、出力信号の周波数変調情報が変調器 20 から検出手段 13B の検波部 13b に送信される。

すると、送信手段 12B と測定対象 M の間に定在波 S が形成され、検出手段 13B の受信部 13a が、その位置における定在波 S の振幅 S P を検知して、この 20 定在波 S の振幅 S P に対応する検知信号を検波部 13b に送信する。

受信部 13a からの検知信号を受けた検波部 13b は、その値を変調器 20 から送信された出力信号の周波数変調情報と 1 対 1 に対応させて、記録する。同時に、変調器 20 に受信確認信号を送信する。

検出手段 13B の検波部 13b からの受信確認信号を受けた変調器 20 は、発信 25 部 11a が発信する信号の周波数 f を $f + f d \cos \theta$ ($\theta = \theta + d \theta$) に変化させる。すると、送信手段 12 から放出される進行波 D の周波数 f が $f + f d \cos \theta$ ($\theta = \theta + d \theta$) に変化するので、検出手段 13B の受信部 13a が検知する定在波 S の振幅 S P が変化するので、検出手段 13B の受信部 13a から検波部 13b に送られる検知信号の値が変化する。この検知信号は、検波部 13b の記録手段に

よって、発信部 11a の出力信号の周波数変調情報と 1 対 1 に対応させて、記録手段によって記録される。

そして、再び検出手段 13B の検波部 13b からの受信確認信号を受けると、変調器 20 は、発信部 11a が発信する信号の周波数 f を $f + f_d \cos \theta$ ($\theta = \theta + 2d\theta$) に変化させる。

上記の処理を、発信 $\theta = 2\pi$ となるまで繰り返す。

そして、 $\theta = 2\pi$ となると、検波部 13b の演算手段が、記録された検知信号を周波数変調情報を用いて検知信号を同期検波して検波信号を形成する。そして、検波部 13b はこの検波信号の振幅に対応する検出信号を信号処理器 14B に出力するので、この検出信号は、発信源 11B の周波数制御部 11b から信号処理器 14B に送られた周波数情報と 1 対 1 に対応させて、信号処理器 14B の記録手段に記録される。

そして、周波数制御部 11b が発信部 11a に発信させる周波数を初期周波数 f_L から最終周波数 f_U まで変化させれば、信号処理器 14B によって、検出信号周期 $A(f, d_1)$ が形成される。

図 6 (B) に示すように、この検知信号関数は、定在波 S の振幅 SP が極小または極大となる周波数近傍では単調増加又は単調減少、しかも、定在波 S の振幅 SP が極小または極大となる周波数の前後で、検出信号曲線 $A(f, d_1)$ の検知信号の値 P の符号が変化する曲線となる。

したがって、第二実施形態の距離測定装置 10B によれば、定在波 S の振幅 SP が極小または極大となる周波数 f の検出が正確になり、測定誤差を小さくすることができる。

また、前述の距離測定装置 10 による距離測定方法を応用すれば、ロボットや NC マシン等の産業機械において、作業を行う装置までの距離を測定することも可能である。

図 9 において、符号 L は、作業を行う装置などに信号を送信する、例えばマイクロスプリットライン等の複数本の電線が平行に設けられた伝送線路を示している。この伝送線路 L の近傍には、作業を行う装置等の測定対象 $M1, M2$ が配設されている。この測定対象 $M1, M2$ に金属片等を設けておき、この金

属片等を伝送線路Lに近づけておく。そして、伝送線路Lに、信号源抵抗RSを通して、発信源11Cとなる交流電源から交流電流を供給する。

すると、金属片が近づけられた位置、つまり測定対象M1,M2の位置では、交流電流が形成する電場が乱れるので、測定対象M1,M2の位置と信号源抵抗RSとの間には定在波Sが形成される。このため、発信源11Cとなる交流電源の周波数を変化させて、自乗検波器等の検出手段13Cによって交流電流の電力を検知すれば、信号処理機14Cによって検出手段13Cから測定対象M1,M2までの伝送線路Lに沿った長さを測定することができる。

しかも、定在波Sは、曲がった伝送線路Lに沿って形成されるため、伝送線路Lが曲がっていても、信号源抵抗RSから測定対象M1,M2までの伝送線路Lに沿った長さを正確に求めることができる。

さらに、伝送線路Lの終端抵抗Rtを不整合状態にして、伝送線路Lの終端と信号源抵抗RSとの間に定在波Sを形成すれば、伝送線路Lの全長も定在波Sによって計測されることができる。したがって、伝送線路Lの全長がわかっているれば、定在波Sによって計測された伝送線路Lの全長と、実際の伝送線路Lの全長によって、検出手段13Cから測定対象M1,M2までの伝送線路Lに沿った長さを補正することができるので、測定結果が正確になる。

つぎに、第三実施形態の距離測定装置10Dを説明する。

図10は第三実施形態の距離測定装置10Dのブロック図である。同図に示すように、発信源11D、分光手段31、反射用ミラー32、検出手段13Dおよび信号処理器14Dから基本構成されており、第一、第二実施形態の距離測定装置10A,10Bと異なり、発信源11Dが発信する光の強度を周期的に変化させて、分光手段31と検出手段13Dの間に形成される定在波Sによって、測定対象Mまでの距離を測定するようにしたことが特徴である。

なお、検出手段13Dによって検知された検出信号から、検出手段13Dと測定対象Mまでの距離を算出する方法は、前述の第一実施形態の距離測定装置10Aと同様であるので、以下には第三実施形態の距離測定装置10Dの構成のみを説明する。

図10に示すように、発信源11Dは、発信部11aと周波数制御部11bとから

構成されており、発信部 11a は、例えばレーザや発光ダイオード等、発信する光の発光強度を、その強度変化が一定の周波数 f となるよう出力することができるものである。周波数制御部 11b は、発信部 11a が出力する光の発光強度変化の周波数 f を制御するためのものである。また、周波数制御部 11b は、発信部 11a の発信の発信した光の発光強度変化の周波数 f に関する情報、例えば、発信部 11a が発信した光の発光強度変化の周波数 f の数値や発信部 11a が発信する光の発光強度変化の周波数 f と同じ周波数 f を有する信号等を出力することができるものである。

発信源 11D の発信部 11a と測定対象Mの間には、例えばビームスプリッタ等の分光手段 3 1 が設けられている。この分光手段 3 1 は、発信源 11D の発信部 11a から発信された光を 2 つに分光し、分光された一方の光を測定対象Mとの間に存在する伝搬媒質中に放出するものである。分光された他方の光は、後述する反射用ミラー 3 2 に供給される。

また、分光手段 3 1 は、測定対象Mで反射して戻ってきた反射光を、後述する検出手段 13D に向けて反射することができる。

前記分光手段 3 1 の側方には、反射用ミラーが設けられている。この反射用ミラー 3 2 は、前記分光手段 3 1 によって分光された他方の光の光を再び分光手段 3 1 に向けて反射するものである。この反射用ミラー 3 2 によって反射された光は、分光手段 3 1 を透過し、後述する検出手段 13D に向けて進行する。

このため、分光手段 3 1 と後述する検出手段 13D との間において、測定対象Mで反射して戻ってきた反射光と反射用ミラー 3 2 によって反射された光とが干渉し、分光手段 3 1 と後述する検出手段 13D との間に定在波 S が形成されるのである。

前記分光手段 3 1 の側方において、分光手段 3 1 を挟んで前記反射用ミラーと線対称の位置には検出手段 13D が設けられている。この検出手段 13D は、測定対象Mで反射して戻ってきた反射光と反射用ミラー 3 2 によって反射された光とが干渉して形成される定在波 S の振幅 S P を検知するためのものである。この検出手段 13D は、定在波 S の振幅 S P に対応する検出信号、例えば、定在波 S の振幅 S P の発光強度を検知して発光強度を電圧に変換して検出信号を

出力するフォトディテクターを備えており、このフォトディテクターから出力される検知信号は、定在波 S の振幅 SP と同じもしくは振幅 SP の自乗に比例した電流や電圧等を出力することができるものである。

前記検出手段 13D には、信号処理器 14D が接続されている。この信号処理器 14D は、例えばデジタルシグナルプロセッサ (DSP) やメモリ等であり、
5 入力されたデータを記録する記録部と、この記録部に記録されたデータを演算する演算部を備えており、この演算部によって分光手段 3 1 から測定対象 M までの距離 d を算出することができるものである。

また、信号処理器 14D は、前記発信源 11D の周波数制御部 11b にも接続されており
10 、発信源 11D の周波数制御部 11b から発信部 11a の発信した出力信号の周波数 f に関する情報 (以下、単に出力信号の周波数情報という) を受けるとともに、検出手段 13D から検出信号を受信したときに、発信源 11D の周波数制御部 11b に受信確認信号を送ることができる。

したがって、第三実施形態の距離測定装置 10D によれば、第一実施形態の距離測定装置 10D と同様に、分光手段 3 1 から測定対象 M までの距離 d を測定
15 することができる。

また、測定対象 M までの距離 x が数 10 センチ以下の近距離であっても、精度よく測定できる。

さらに、発信部 11a が出力する出力信号の周波数 f を、初期周波数 f_L と最終周波数 f_U 間でランダムに変化させれば、他の距離測定装置から発信された光によって測定誤差が著しく増大したり、測定不能となることを防ぐことができる
20 。

さらに、複数の定在波 S の振幅 SP の変動周期をそれぞれ求めることができるので、複数の測定対象 M と分光手段 3 1 との間の距離 d を、それぞれ測定
25 することができる。

なお、信号処理器 14D の演算手段によって、検出信号関数 $A(f, d_1)$ が極大極小となる出力信号の周波数 f を 2 以上求めて、それらの周波数 f_L から測定対象 M と分光手段 3 1 との間の距離 d を求める場合、初期周波数 f_L を 0 Hz とし、任意の最終周波数 f_U まで出力信号の周波数 f を変化させてもよい。この場合、検出信号関

- 数 $A(f, d_1)$ において、出力信号の周期数 f が0の場合には必ず検出信号関数 $A(f, d_1)$ は極大となる。したがって、初期周波数 f_L から最終周波数 f_U の間において、検出信号関数 $A(f, d_1)$ が極大となる出力信号の周期数 f を1つだけ求めるだけで、その周波数 f と初期周波数 f_L とを用いて、測定対象 M と分光手段31との間の距離 d を求めることができる。

さらになお、第二実施形態の距離測定装置10Bと同様に、発信する発光強度に周波数変調を加える変調器を設ければ、定在波の振幅が極小または極大となる周波数の検出が正確になり、測定誤差を小さくすることができる。

つぎに、本実施形態の距離測定設備1を説明する。

- 図11は本実施形態の距離測定設備1のブロック図である。同図に示すように、本実施形態の距離測定設備1は、複数の前記距離測定装置10を備えている。この複数の距離測定装置10には、制御装置3が接続されている。この制御装置3は、前記複数の距離測定装置10を同期して作動させるためのものであり、各距離測定装置10から、電磁波を伝搬媒質中に同時に放出させることができる。
- また、複数の距離測定装置10には、演算装置2が接続されている。この演算装置2には、各距離測定装置10の信号処理器14が算出した検出手段13と測定対象 M との間の距離 x が入力されるものであり、この入力された各測定装置10における検出手段13と測定対象 M との間の距離および各距離測定装置10の検出手段13同士の相対的な位置とから測定対象 M の空間座標を算出することができる。

つぎに、本実施形態の距離測定設備1の作用と効果を説明する。

- 図12(A)は本実施形態の距離測定設備1による位置測定方法の概略説明図であり、図12(B)は位置を算出するために使用される式である。同図に示すように、制御装置3によって、2つの距離測定装置10を同期し、同時に電磁波を発信させる。すると、各距離測定装置10と測定対象 M との間に定在波 S_1, S_2 が形成され、各距離測定装置10から測定対象 M までの距離 d_1, d_2 が算出される。

この各距離測定装置10から測定対象 M までの距離 d_1, d_2 が、演算装置2に入力される。図12(A)に示すように、各距離測定装置10同士の距離は

r であるから、両者の中間位置から測定対象までの距離 d が算出され、両者の二等分線と、前記中間位置と測定対象 M を結ぶ線分とのなす角度 θ が算出される。

- したがって、各距離測定装置 10 の中間位置から測定対象までの距離 d と、
- 5 前記中間位置と測定対象 M を結ぶ線分とのなす角度 θ を用いれば、各距離測定装置 10 と前記測定対象 M が存在する平面における、各距離測定装置 10 と前記測定対象 M の相対的な位置を把握することができる。

なお、各距離測定装置 10 を 3 つ設ければ、各距離測定装置 10 と測定対象 M との相対的な位置関係を 3 次元的に把握することができる。

10

産業上の利用可能性

第 1 発明によれば、以下の(1) ~ (4) に示す効果が得られる。

- (1) 発信源から出力された出力信号の周波数を変化させれば、送信手段から放出される電磁波の波長が変化するので、送信手段と測定対象との間の伝搬媒質中に形成される定在波が変化し、検出手段が設けられた位置における定在波の振幅が変化する。このため、出力信号の周波数を変化させれば検出手段が出力する検出信号の値が変化する。出力信号の周波数情報と検出信号の値から、信号処理器によって検出信号関数を形成させることができる。検出手段が設けられた位置における定在波の振幅は、電磁波の周波数、つまり発信源から出力された出力信号の周波数に対して周期的に変化し、その周期は検出手段から測定対象までの距離に対して反比例する。したがって、定在波の振幅の周期、つまり検出信号関数の周期が求められるから、その周期より検出手段から測定対象までの距離を算出することができ、検出手段から測定対象までの距離を測定することができる。
- 15
- 20
- 25 (2) 検出手段から測定対象までの距離は、出力信号の周波数に対する定在波の振幅の変動周期にのみ依存し、送信手段によって電磁波を発信してから測定対象に反射して検出手段に戻るまでの時間の影響を受けないので、測定対象までの距離が数 10 センチ以下の近距離であっても、精度よく測定できる。
- (3) 検出信号関数を形成させるときに、出力信号の周波数をランダムに変化させ

た場合、例えば、M系列符号等に従い出力信号の周波数をランダムに変化させれば、距離測定装置同士が、同じタイミングで、同位相かつ同じ周波数の電磁波を発信する確率はほとんどなくなる。よって、他の距離測定装置から発信された電磁波によって測定誤差が著しく増大したり、測定不能となることを防ぐことができる。

(4) 検出信号関数をフーリエ変換することによって前記周期を求めれば、複数の測定対象の間に形成された複数の定在波の振幅を同時に測定しても、各定在波に対してそれぞれ周期を求めることができる。よって、複数の測定対象と検出手段との間の距離をそれぞれ測定することができる。

第2発明によれば、以下の(1)～(3)に示す効果が得られる。

(1) 発信源から出力された出力信号の周波数を変化させれば、送信手段から放出される電磁波の波長が変化するので、送信手段と測定対象との間の伝搬媒質中に形成される定在波が変化し、検出手段が設けられた位置における定在波の振幅が変化する。このため、出力信号の周波数を変化させれば検出手段が出力する検出信号の値が変化するので、出力信号の周波数情報と検出信号の値から、信号処理器によって検出信号関数を形成することができる。検出手段が設けられた位置における定在波の振幅は、電磁波の周波数、つまり発信源から出力された出力信号の周波数に対して周期的に変化し、その周期は検出手段から測定対象までの距離に対して反比例する。したがって、定在波の振幅が極大または極小となる周波数、つまり検出信号関数が極小または極大となる2以上の周波数を検出し、この2以上の周波数のうち、任意に選択した2つの選択周波数と、その選択周波数の間に形成される極小または極大となる周波数の数を算出すれば、検出信号関数の周期を求めることができるので、検出手段から測定対象までの距離を測定することができる。

(2) 検出手段から測定対象までの距離は、出力信号の周波数に対する定在波の振幅の変動周期にのみ依存し、送信手段によって電磁波を発信してから測定対象に反射して検出手段に戻るまでの時間の影響を受けないので、測定対象までの距離が数10センチ以下の近距離であっても、精度よく測定できる。

(3) 検出信号関数を形成させるときに、出力信号の周波数をランダムに変化させ

た場合、例えば、M系列符号等に従い出力信号の周波数をランダムに変化させれば、距離測定装置同士が、同じタイミングで、同位相かつ同じ周波数の電磁波を発信する確率はほとんどなくなる。よって、他の距離測定装置から発信された電磁波によって測定誤差が著しく増大したり、測定不能となることを防ぐことができる。

第3発明によれば、以下の(4) に示す効果が得られる。

- (4) 受信部が出力した検知信号を同期検波して検波信号を形成し、この検波信号の振幅に対応する検出信号を検波部が出力する。すると、検出信号曲線は、定在波の振幅が極小または極大となる周波数近傍では単調増加又は単調減少、しかも、定在波の振幅が極小または極大となる周波数の前後で、検出信号曲線の検出信号の値の符号が変化する曲線となる。したがって、定在波の振幅が極小または極大となる周波数の検出が正確になり、測定誤差を小さくすることができる。

第4発明によれば、以下の(6) ～(9) に示す効果が得られる。

- (6) 発光源から発信された光の発光強度変化の周波数を変化させれば、光の発光強度変化の波長が変化するので、定在波形成手段によって形成される定在波が変化し、検出手段が検知する定在波の振幅が変化する。このため、光の発光強度変化の周波数を変化させれば検出手段が出力する検出信号の値が変化する。光の発光強度変化の周波数情報と検出信号の値から、信号処理器によって検出信号関数を形成させることができる。検出手段が検知する定在波の振幅は、光の発光強度変化の周波数に対して周期的に変化し、その周期は検出手段から測定対象までの距離に対して反比例する。したがって、信号処理器によって検出信号関数の周期が求められるから、その周期より検出手段から測定対象までの距離が算出することができ、検出手段から測定対象までの距離を測定することができる。

(7) 検出手段から測定対象までの距離は、光の発光強度変化の周波数に対する定在波の振幅の変動周期にのみ依存し、発光源によって光を発信してから測定対象に反射して検出手段に戻るまでの時間の影響を受けないので、測定対象までの距離が数10センチ以下の近距離であっても、精度よく測定できる。

(8) 検出信号関数を形成させるときに、光の発光強度変化の周波数をランダムに変化させた場合、例えば、M系列符号等に従い光の発光強度変化の周波数をランダムに変化させれば、距離測定装置同士が、同じタイミングで、同位相かつ光の発光強度変化の周波数が同じである光を発信する確率はほとんどなくなる。
5 。よって、他の距離測定装置から発信された光によって測定誤差が著しく増大したり、測定不能となることを防ぐことができる。

(9) 検出信号関数をフーリエ変換することによって前記周期を求めれば、複数の測定対象の間に形成された複数の定在波の振幅を同時に測定しても、各定在波に対してそれぞれ周期を求めることができる。よって、複数の測定対象と検出手段との間の距離をそれぞれ測定することができる。
10

第5発明によれば、以下の(6)～(8)に示す効果が得られる。

(6) 発光源から発信された光の発光強度変化の周波数を変化させれば、光の発光強度変化の波長が変化するので、定在波形成手段によって形成される定在波が変化し、検出手段が検知する定在波の振幅が変化する。このため、光の発光強度変化の周波数を変化させれば検出手段が出力する検出信号の値が変化するので、光の発光強度変化の周波数情報と検出信号の値から、信号処理器によって検出信号関数を形成させることができる。検出手段が検知する定在波の振幅は、光の発光強度変化の周波数に対して周期的に変化し、その周期は検出手段から測定対象までの距離に対して反比例する。したがって、定在波の振幅が極大または極小となる発光強度変化の周波数、つまり検出信号関数が極小または極大となる2以上の光の発光強度変化の周波数を検出し、この2以上の光の発光強度変化の周波数のうち、任意に選択した2つの選択周波数と、その選択周波数の間に形成される極小または極大となる周波数の数を算出すれば、検出信号関数の周期を求めることができるので、検出手段から測定対象までの距離を測定することかできる。
15
20
25

(7) 検出手段から測定対象までの距離は、光の発光強度変化の周波数に対する定在波の振幅の変動周期にのみ依存し、発光源によって光を発信してから測定対象に反射して検出手段に戻るまでの時間の影響を受けないので、測定対象までの距離が数10センチ以下の近距離であっても、精度よく測定できる。

- (8) 検出信号関数を形成させるときに、光の発光強度変化の周波数をランダムに変化させた場合、例えば、M系列符号等に従い光の発光強度変化の周波数をランダムに変化させれば、距離測定装置同士が、同じタイミングで、同位相かつ光の発光強度変化の周波数が同じである光を発信する確率はほとんどなくなる。
- 5 。よって、他の距離測定装置から発信された光によって測定誤差が著しく増大したり、測定不能となることを防ぐことができる。

第6発明によれば、以下の(10)に示す効果が得られる。

- (10) 受信部が出力した検知信号を同期検波して検波信号を形成し、この検波信号の振幅に対応する検出信号を検波部が出力する。すると、検出信号曲線は、
- 10 定在波の振幅が極小または極大となる周波数近傍では単調増加又は単調減少、しかも、定在波の振幅が極小または極大となる周波数の前後で、検出信号曲線の検出信号の値の符号が変化する曲線となる。したがって、定在波の振幅が極小または極大となる光の発光強度変化の周波数の検出が正確になり、測定誤差を小さくすることができる。

- 15 第7発明によれば、以下の(11)に示す効果が得られる。

- (11) 複数の距離測定装置を同期して作動すれば、同じ時間における測定対象と各距離測定装置の検出手段との間の距離を同時に求めることができる。したがって、各距離測定装置の検出手段同士の相対的な位置が分かっているので、測定対象の空間座標を算出することができ、測定手段と測定対象との相対的な位置
- 20 関係を2次元または3次元的に把握することができる。

第8発明によれば、以下の(1)～(4)に示す効果が得られる。

- (1) 発信源から出力された出力信号の周波数を変化させれば、送信手段から放出される電磁波の波長が変化するので、送信手段と測定対象との間の伝搬媒質中に形成される定在波が変化し、検出手段が設けられた位置における定在波の振
- 25 幅が変化する。このため、出力信号の周波数を変化させれば検出手段が出力する検出信号の値が変化する。出力信号の周波数情報と検出信号の値から、信号処理器によって検出信号関数を形成させることができる。検出手段が設けられた位置における定在波の振幅は、電磁波の周波数、つまり発信源から出力された出力信号の周波数に対して周期的に変化し、その周期は検出手段から測

定対象までの距離に対して反比例する。したがって、信号処理器によって検出信号関数の周期が求められるから、その周期より検出手段から測定対象までの距離が算出することができ、検出手段から測定対象までの距離を測定することができる。

- 5 (2) 検出手段から測定対象までの距離は、出力信号の周波数に対する定在波の振幅の変動周期にのみ依存し、送信手段によって電磁波を発信してから測定対象に反射して検出手段に戻るまでの時間の影響を受けないので、測定対象までの距離が数10センチ以下の近距離であっても、精度よく測定できる。

- 10 (3) 検出信号関数を形成させるときに、出力信号の周波数をランダムに変化させた場合、例えば、M系列符号等に従い出力信号の周波数をランダムに変化させれば、距離測定装置同士が、同じタイミングで、同位相かつ同じ周波数の電磁波を発信する確率はほとんどなくなる。よって、他の距離測定装置から発信された電磁波によって測定誤差が著しく増大したり、測定不能となることを防ぐことができる。

- 15 (4) 検出信号関数をフーリエ変換することによって前記周期を求めれば、複数の測定対象の間に形成された複数の定在波の振幅を同時に測定しても、各定在波に対してそれぞれ周期を求めることができる。よって、複数の測定対象と検出手段との間の距離をそれぞれ測定することができる。

請求の範囲

- 1 測定対象までの距離を測定するための測定装置であって、該測定装置が、
- 5 出力信号の周波数が可変である発信源と、該発信源に接続され、該発信源から出力された出力信号の周波数と同一の周波数定在波の振幅に対応する検出信号を出力する検出手段と、該検出手段が発信した検出信号および前記発信源から発信された出力信号の周波数情報が入力され、前記出力信号の周波数に対する数を有する電磁波を、前記測定対象との間に存在する伝搬媒質に放出する送信手段と、該送信手段と前記測定対象との間に設けられ、該送信手段と前記測定対象との間において、前記伝搬媒質中に形成される定在波の振幅を検知し、検知した前記検出信号の値を示す検出信号関数を形成し、その周期から前記検出手段と前記測定対象との間の距離を算出する信号処理器とからなることを特徴とする距離測定装置。
- 15 2 測定対象までの距離を測定するための測定装置であって、該測定装置が、出力信号の周波数が可変である発信源と、該発信源に接続され、該発信源から出力された出力信号の周波数と同一の周波数を有する電磁波を、前記測定対象との間に存在する伝搬媒質に放出する送信手段と、該送信手段と前記測定対象との間に設けられ、該送信手段と前記測定対象との間において、前記伝搬媒質中に形成される定在波の振幅を検知し、検知した定在波の振幅に対応する検出信号を出力する検出手段と、該検出手段が発信した検出信号および前記発信源から発信された出力信号の周波数情報が入力され、前記出力信号の周波数に対する前記検出信号の値を示す検出信号関数を形成し、該検出信号関数が極大または極小となる少なくとも2以上の出力信号の周波数を検出し、該2以上の出力信号の周波数のうち2つの選択周波数と、該2つの選択周波数の間における極大または極小となる出力信号の周波数の数とから前記検出手段と前記測定対象との間の距離を算出する信号処理器とからなることを特徴とする距離測定装置。
- 25 3 前記発信源から出力される出力信号を周波数変調させるための変調器が設けら

れており、前記検出手段が、前記定在波の振幅を検出し、その振幅に対応した振幅を有する検知信号を出力する受信部と、前記変調器から変調信号が入力され、該変調信号によって前記検知信号を同期検波して検波信号を形成し、該検波信号の振幅に対応する検出信号を出力する検波部とを備えたことを特徴とする請求項2記載の距離測定装置。

4 測定対象までの距離を測定するための測定装置であって、該測定装置が、周期的に発光強度が変化する光を発信し、その周波数が可変である発光源と、該発光源から発信された光を2つに分光し、分光された一方の光を前記測定対象との間に存在する伝搬媒質に放出する分光手段と、前記測定対象で反射した一方の光と、分光された他方の光を干渉させて定在波を形成する定在波形成手段と、該定在波形成手段によって形成された定在波の振幅を検知し、検知した定在波の振幅に対応する検出信号を出力する検出手段と、該検出手段が発信した検出信号および前記発光源から発信された光の発光強度変化の周波数情報が入力され、該光の発光強度変化の周波数に対する検出信号の値を示す検出信号関数を形成し、その周期から前記検出手段と前記測定対象との間の距離を算出する信号処理器とからなることを特徴とする距離測定装置。

5 測定対象までの距離を測定するための測定装置であって、該測定装置が、周期的に発光強度が変化する光を発信し、その周波数が可変である発光源と、該発光源から発信された光を2つに分光し、分光された一方の光を前記測定対象との間に存在する伝搬媒質に放出する分光手段と、前記測定対象で反射した一方の光と、分光された他方の光を干渉させて定在波を形成する定在波形成手段と、該定在波形成手段によって形成された定在波の振幅を検知し、検知した定在波の振幅に対応する検出信号を出力する検出手段と、該検出手段が発信した検出信号および前記発光源から発信された光の発光強度変化の周波数情報が入力され、該光の発光強度変化の周波数に対する検出信号の値を示す検出信号関数を形成し、該検出信号関数が極大または極小となる少なくとも2以上の発光強度変化の周波数を検出し、該2以上の発光強度変化の周波数のうち2つの選択周波数と、該2つの選択周波数の間における極大または極小となる出力信号の周波数の数とから前記検出手段と前記測定対象との間の距離を算出する信

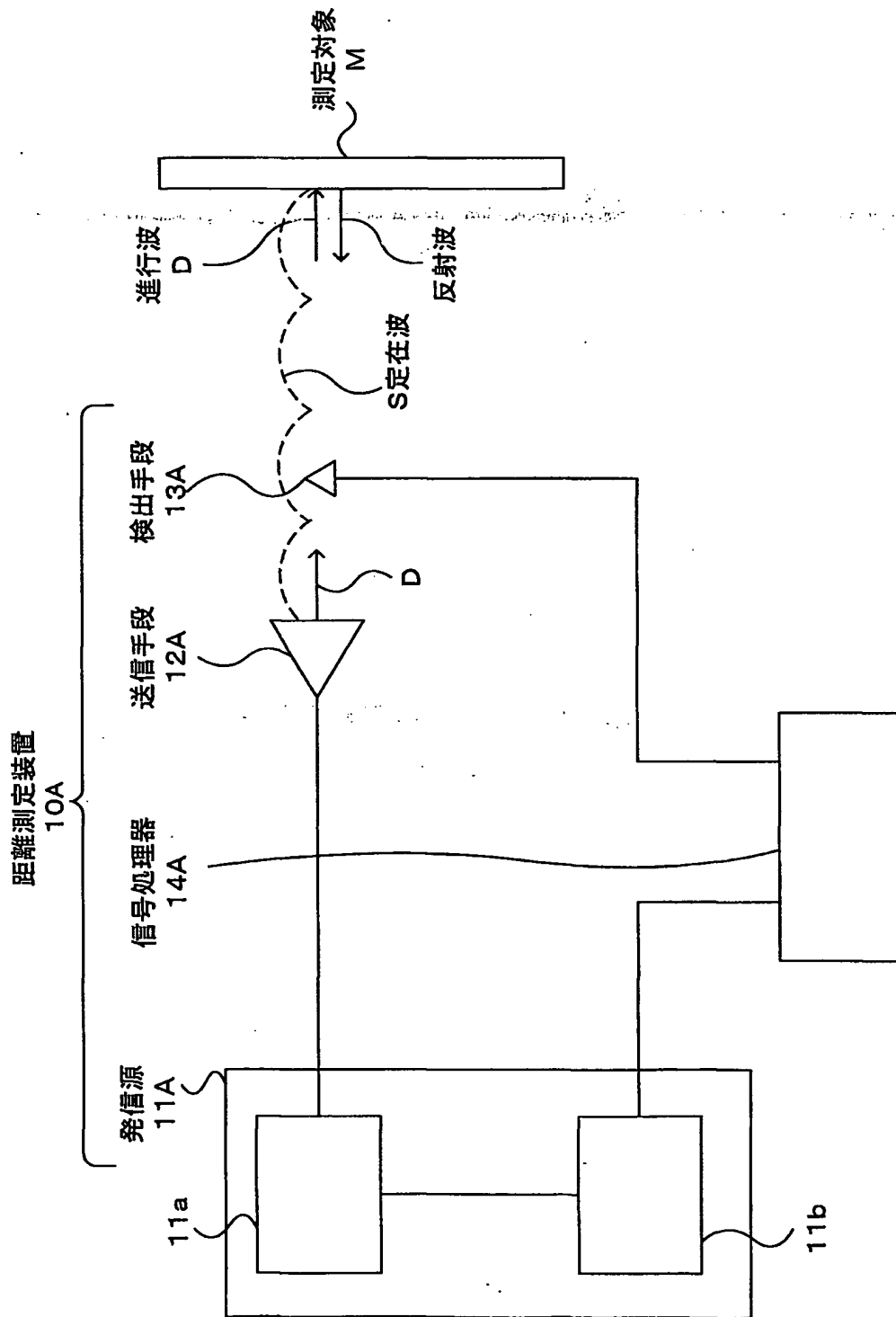
号処理器とからなることを特徴とする距離測定装置。

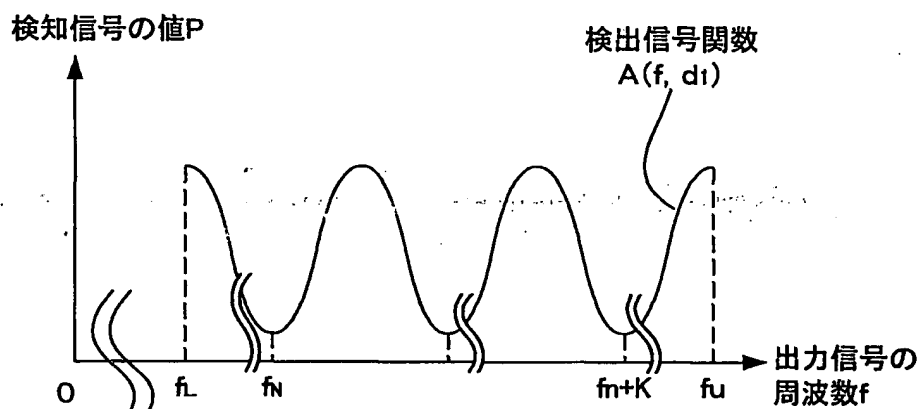
- 6 前記発光源が発信する光の発光強度変化を周波数変調させるための変調器が設けられており、前記検出手段が、前記定在波の振幅を検出し、その振幅に対応した振幅を有する検知信号を出力する受信部と、前記変調器から変調信号が5 入力され、該変調信号によって前記検知信号を同期検波して検波信号を形成し、該検波信号の振幅に対応する検出信号を出力する検波部とを備えたことを特徴とする請求項5記載の距離測定装置。

- 7 測定対象の空間座標を検出することができる測定設備であって、該測定設備が、複数の請求項1、2、3、4、5または6記載の距離測定装置と、該複10 数の距離測定装置を、同期して作動させる制御装置とからなり、各距離測定装置の信号処理器が算出した検出手段と前記測定対象との間の距離が入力され、入力された各測定装置における検出手段と前記測定対象との間の距離と、各距離測定装置の検出手段同士の相対的な位置とから測定対象の空間座標を算出する演算装置とからなることを特徴とする距離測定設備。

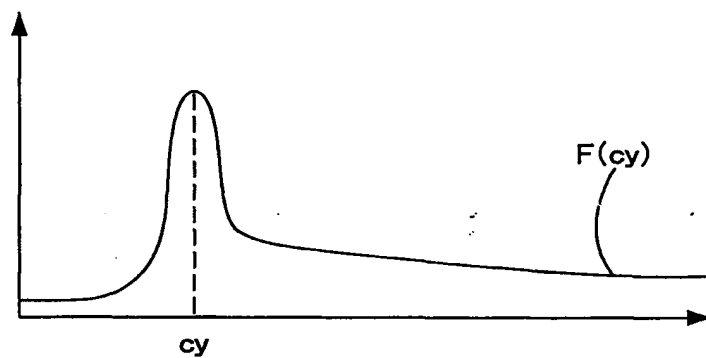
- 15 8 測定対象までの距離を測定するための測定方法であって、送信手段によって、送信手段と測定対象の間に存在する伝搬媒質に電磁波を放出して、前記送信手段と測定対象との間において、伝搬媒質中に定在波を形成させ、前記送信手段と前記測定対象の間における一定の位置において、検出手段によって、前記定在波の振幅を検出し、前記送信手段が放出する電磁波の周波数を変化させ20 て、該周波数に対する前記定在波の振幅を示す振幅曲線を形成し、該振幅曲線の周期から、前記検出手段と前記測定対象との間の距離を算出することを特徴とする距離測定方法。

1/12
FIG.1

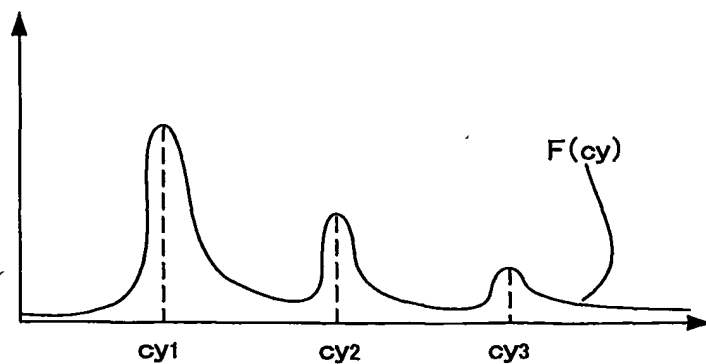


2/12
FIG.2

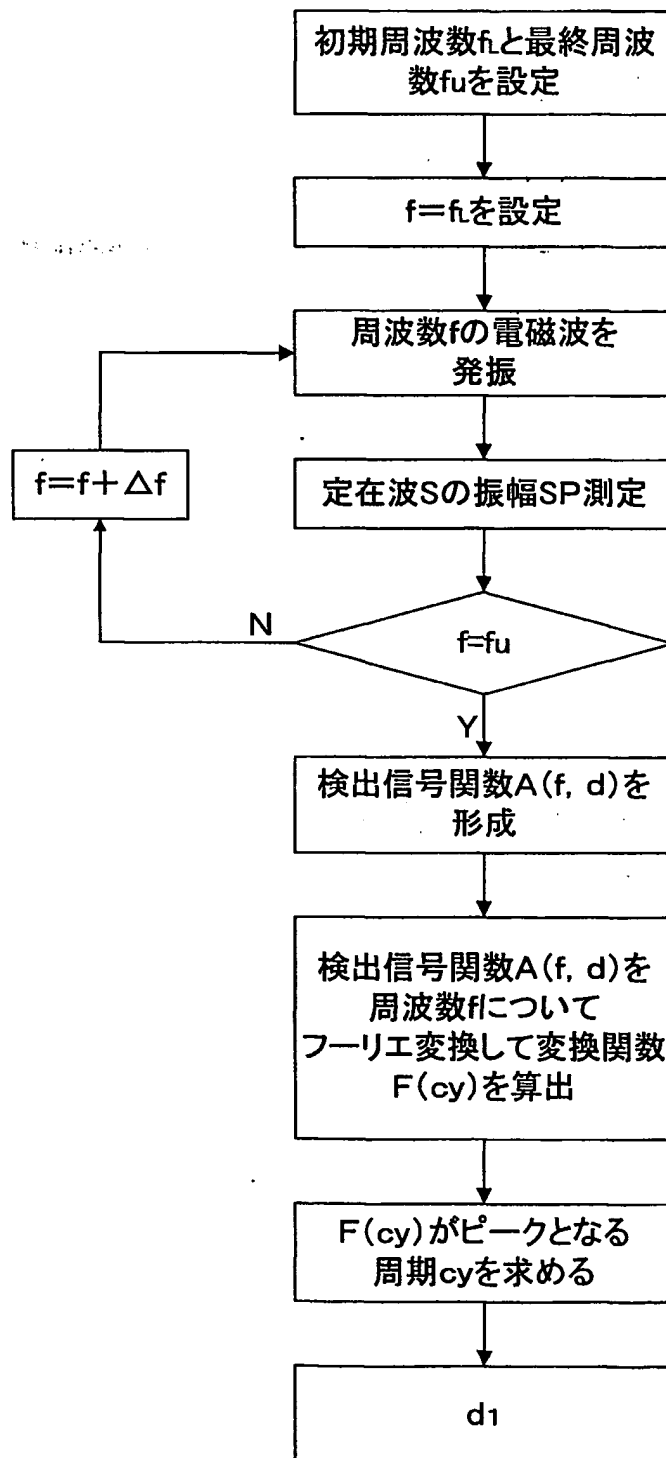
(A)

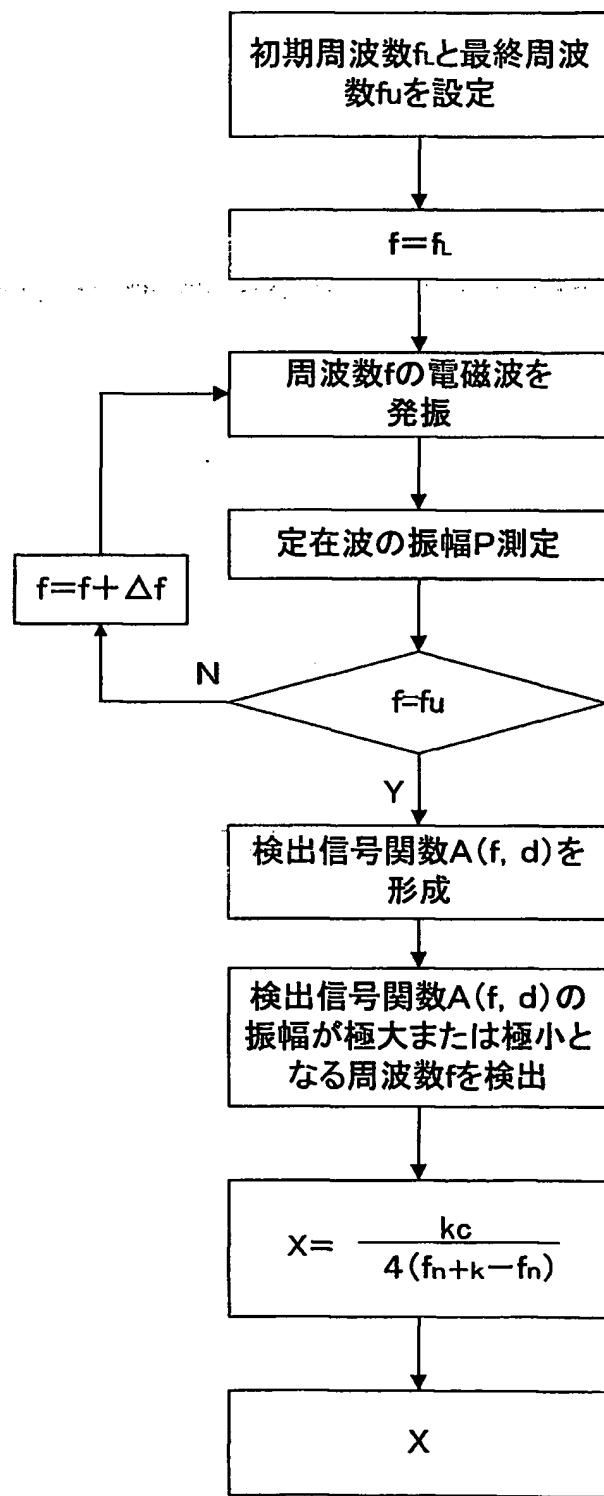


(B)

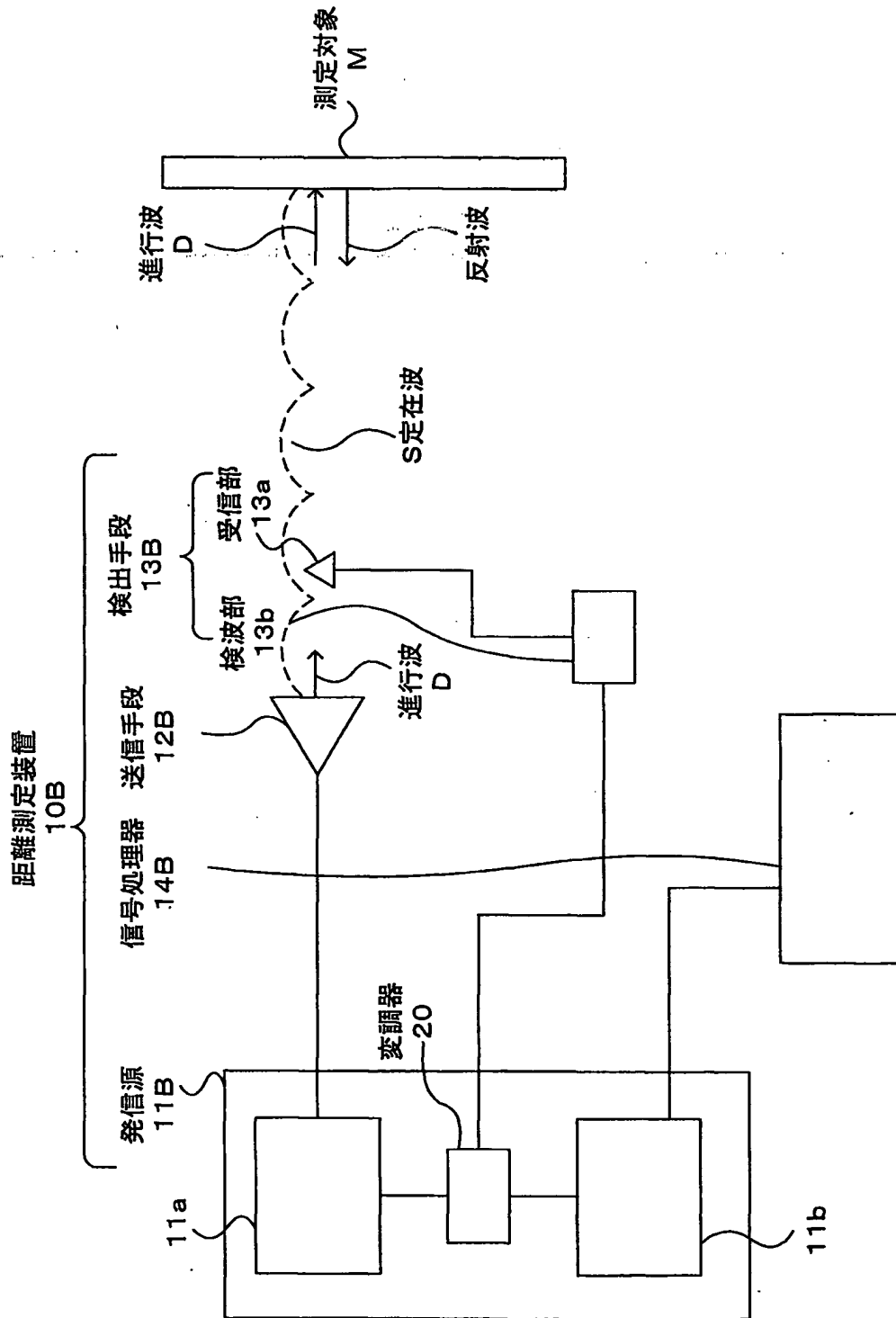


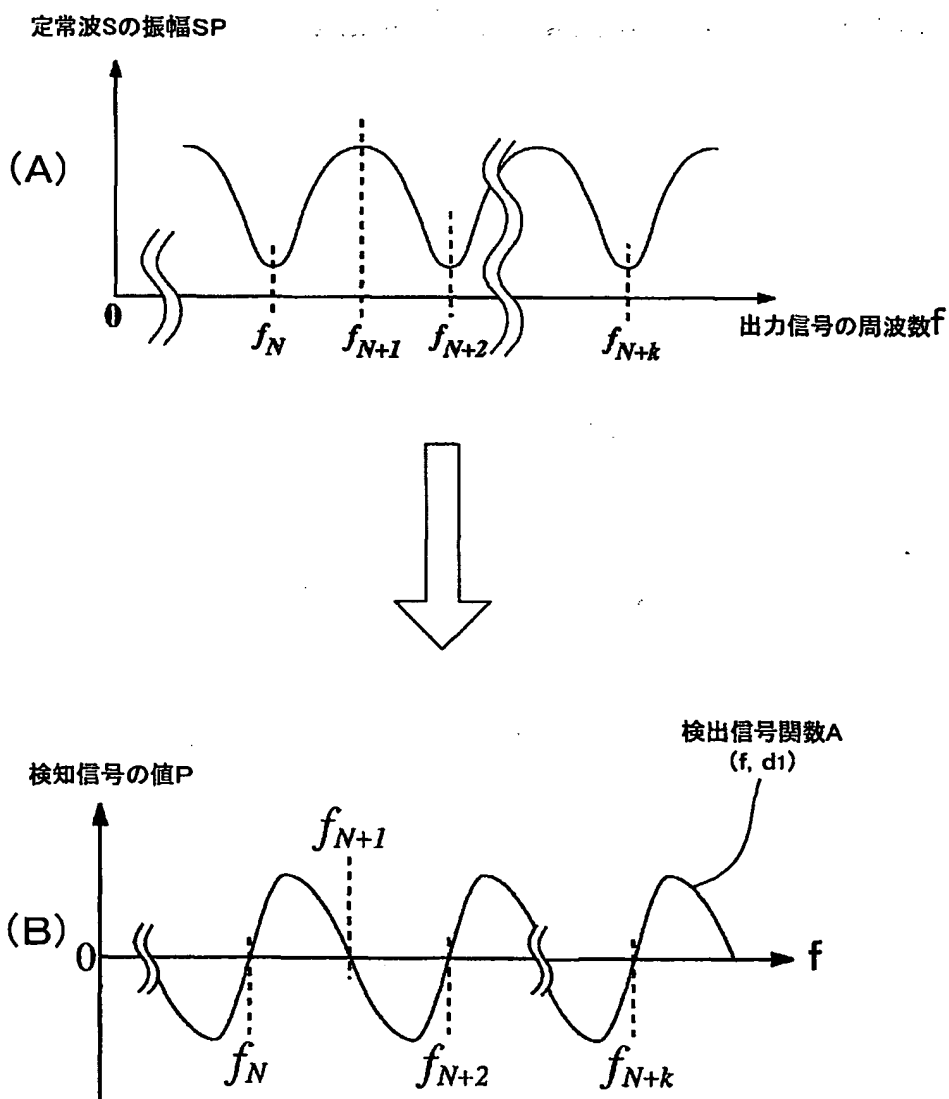
(C)

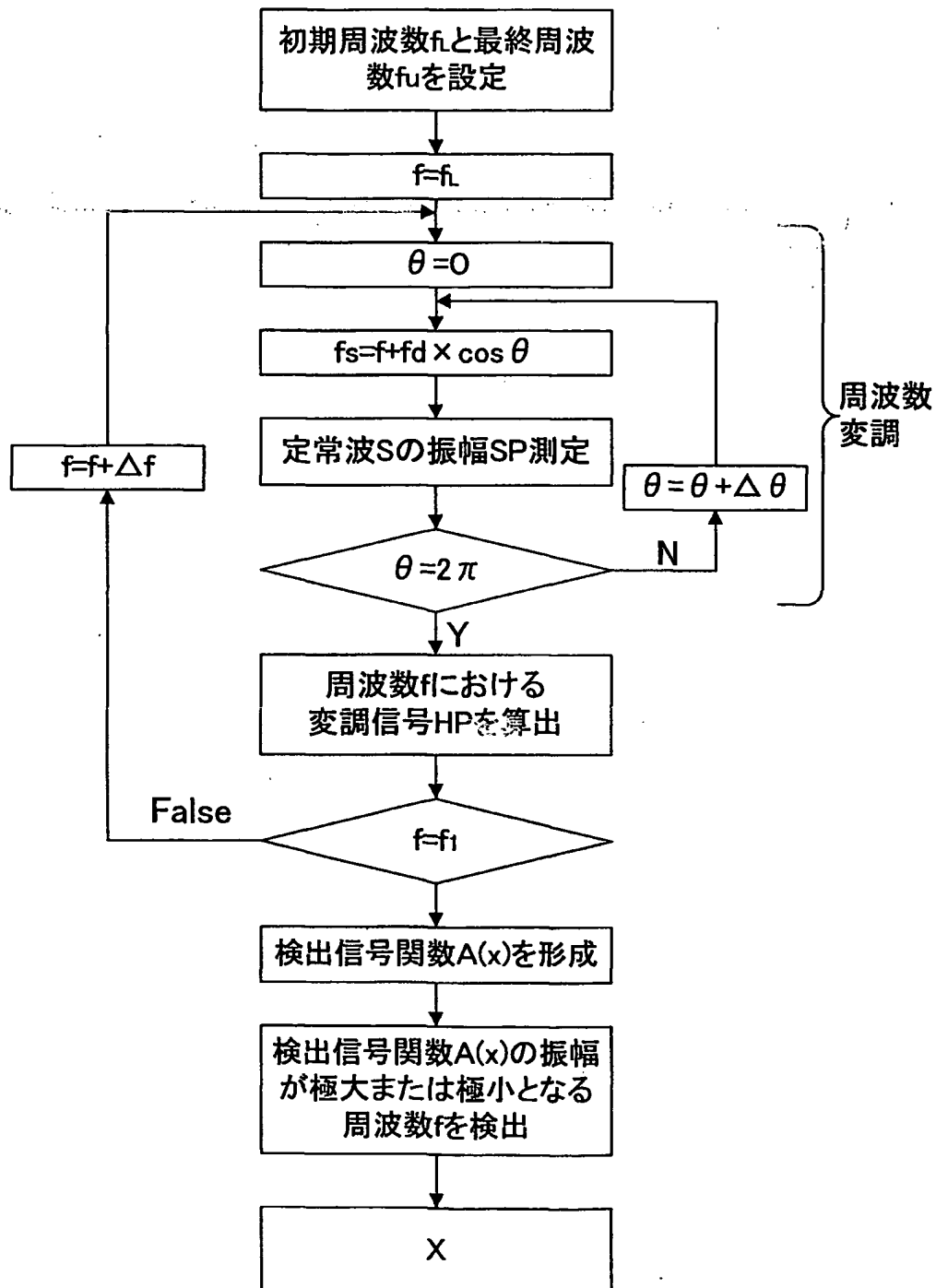
3/12
FIG.3

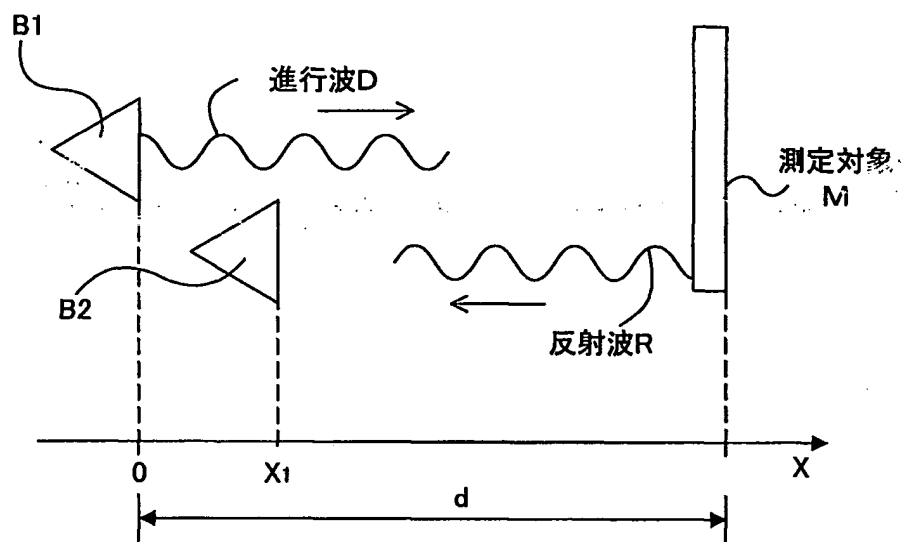
4/12
FIG.4

5/12
FIG.5

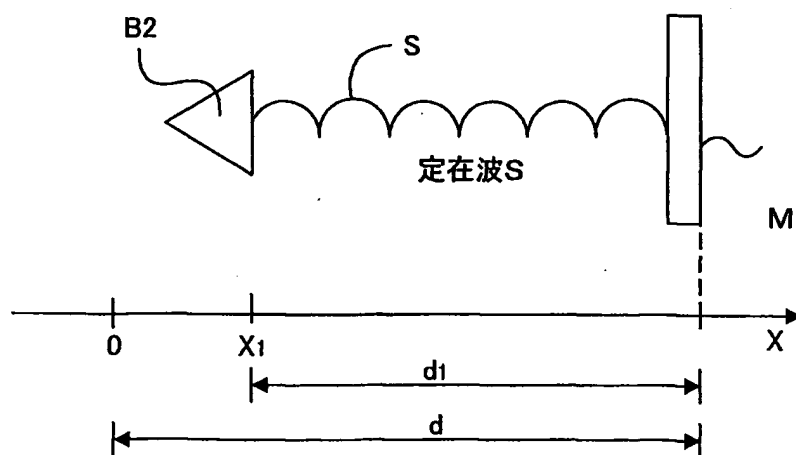


6/12
FIG.6

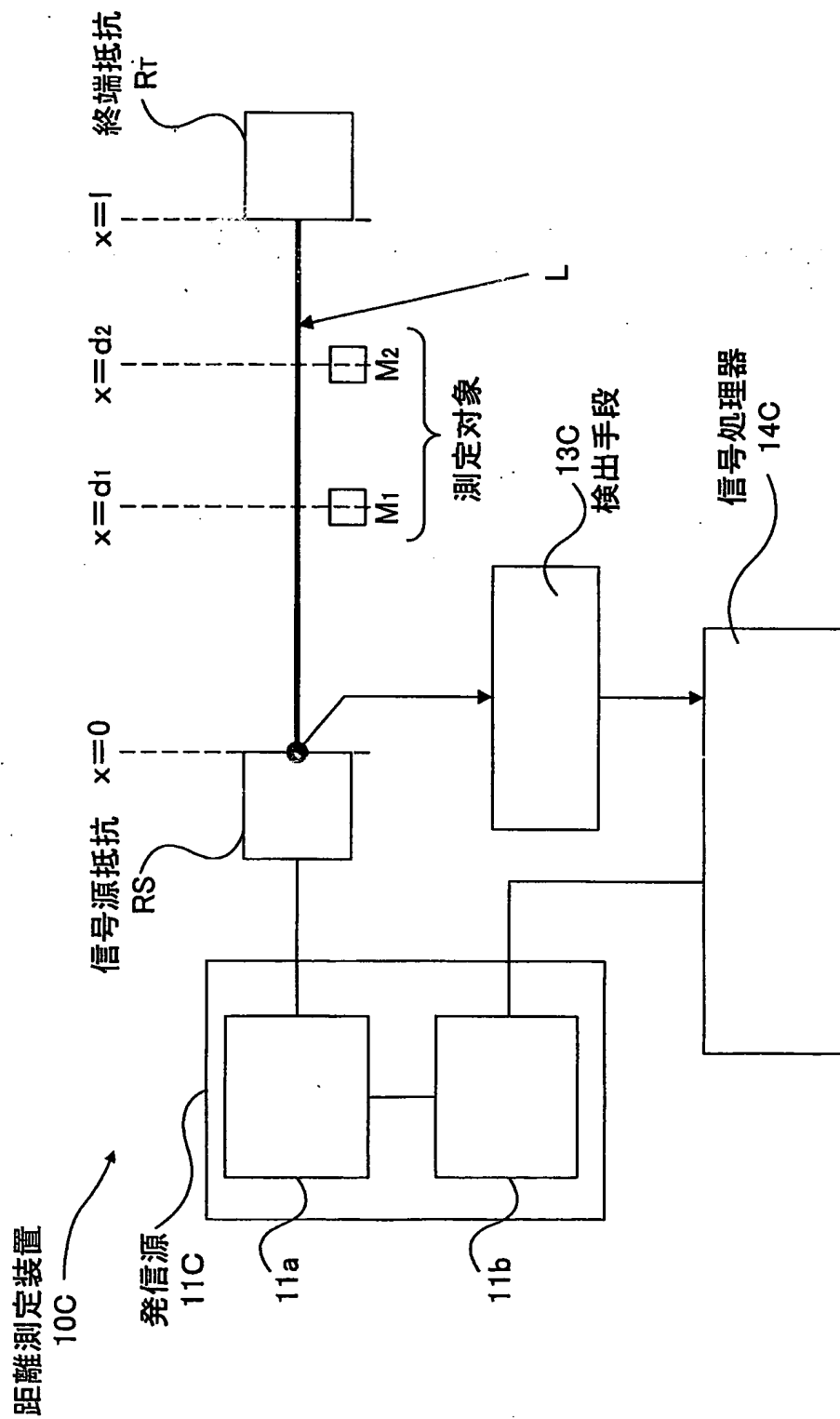
7/12
FIG. 7

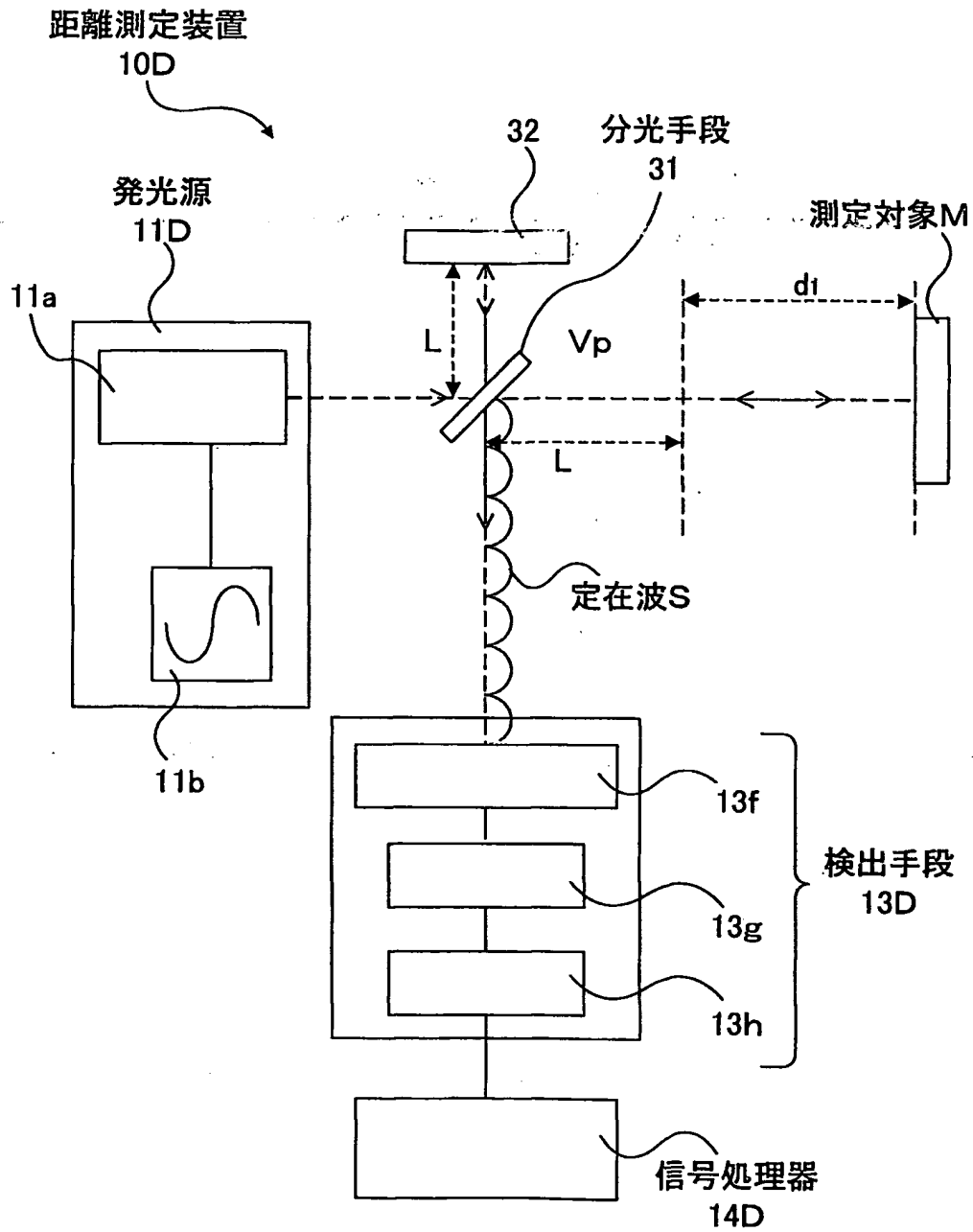
8/12
FIG.8

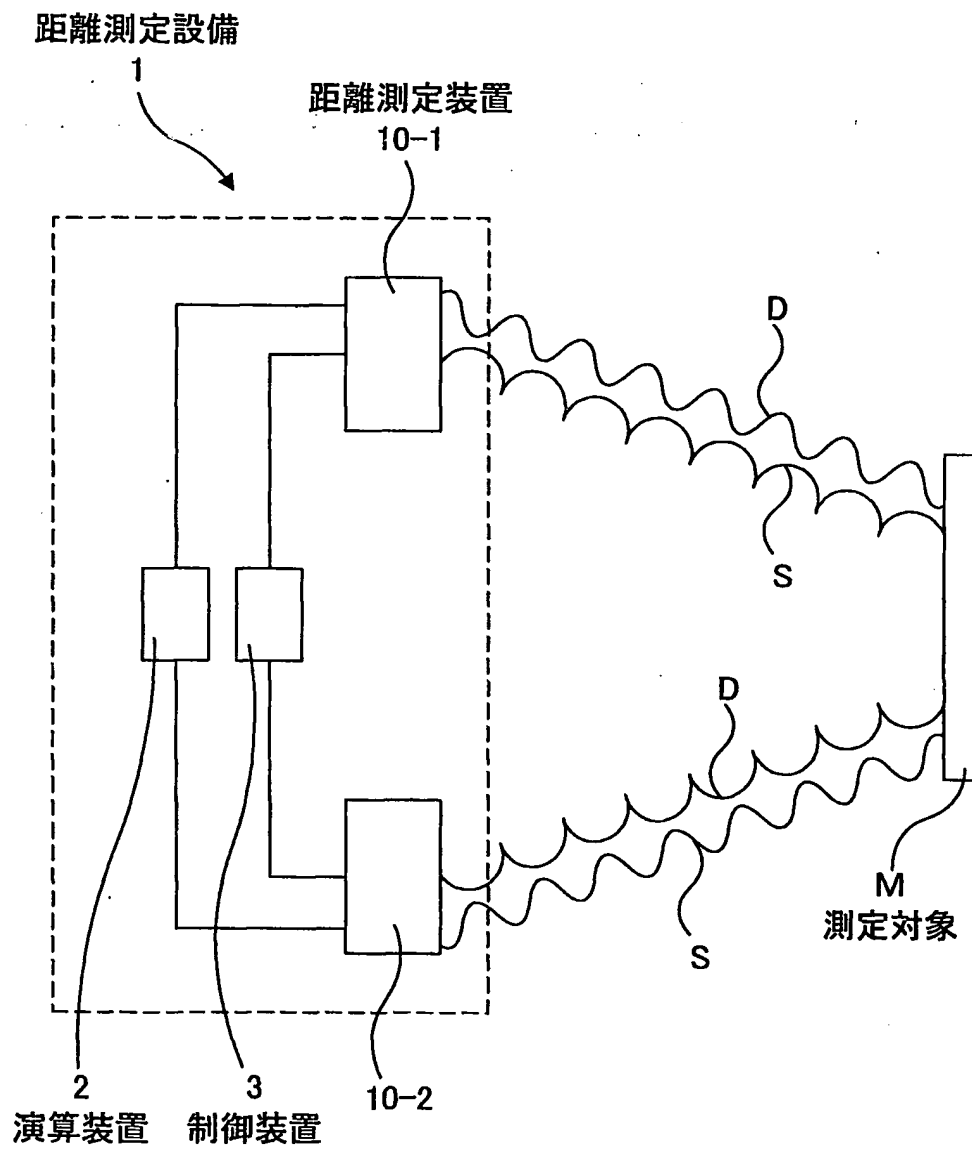
(A)



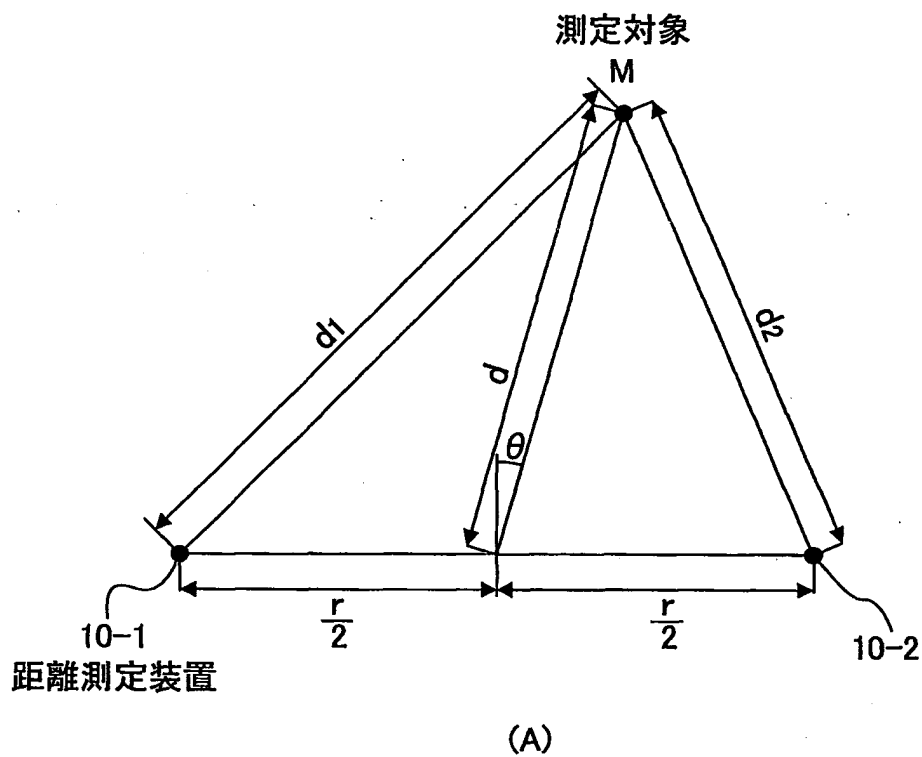
(B)

9/12
FIG.9

10/12
FIG.10

11/12
FIG.11

12/12
FIG.12



$$(1) \quad d = \sqrt{\frac{d_1^2}{2} + \frac{d_2^2}{2} - r^2}$$

$$(2) \quad \sin \theta = \frac{d_2^2 - d_1^2}{4rd}$$

(B)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/01825

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G01S13/32, G01B15/00, G01S17/32, G01C3/06, G01B11/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G01S13/32, G01B15/00, G01S17/32, G01C3/06, G01B11/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2002
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2002	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP, 59-142485, A (Yamatake-Honeywell Co., Ltd.), 15 August, 1984 (15.08.84), Full text; all drawings (Family: none)	1, 2, 8 3, 4, 5, 6, 7
Y	JP, 6-160082, A (Matsushita Electric Works, Ltd.), 07 June, 1994 (07.06.94), Page 2, left column, lines 46 to 48 (Family: none)	3, 6
Y	JP, 5-203412, A (ATR Optical and Radio Communications), 10 August, 1993 (10.08.93), Fig. 2 (Family: none)	4, 5, 6
Y	JP, 38-1257, B1 (Anritsu Denpa Kogyo K.K.), 20 February, 1963 (20.02.63), Full text; all drawings (Family: none)	7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
26 March, 2002 (26.03.02)Date of mailing of the international search report
02 April, 2002 (02.04.02)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/01825

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	Tetsushi UEBO, Takashi KITAGAWA, Tadamitsu IRIYA, "Teizaiha o Mochii Sul0cm kara Sokutei Kano na Kobunkaino Radar", The Institute of Electronics, Information and Communication engineers Gijutsu Kenkyu Hokoku, Vol.100, No.693 (The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers), 08 March, 2001 (08.03.01), Pages 161 to 166	1, 2, 3
A	JP, 5-281341, A (Isao IIDA), 29 October, 1993 (29.10.93), Full text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP, 58-198781, A (Tasuku TAKAGI), 18 November, 1983 (18.11.83), Full text; all drawings (Family: none)	1-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01S13/32, G01B15/00, G01S17/32
G01C3/06, G01B11/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01S13/32, G01B15/00, G01S17/32
G01C3/06, G01B11/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2002年
日本国登録実用新案公報 1994-2002年
日本国実用新案登録公報 1996-2002年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP 59-142485 A (山武ハコエ株式会社) 1984.08.15 全文, 全図 全文, 全図 (ファミリーなし)	1, 2, 8 3, 4, 5, 6, 7
Y	JP 6-160082 A (松下電工株式会社) 1994.06.07 第2頁左欄第46行~第48行 (ファミリーなし)	3, 6

☒ C欄の続きにも文献が列举されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

26.03.02

国際調査報告の発送日

02.04.02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

神谷 健一

2S

9705

電話番号 03-3581-1101 内線 3256

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 5-203412 A (株式会社エ・ティ・エル光電波通信研究所) 1993. 08. 10, 第2図 (ファミリーなし)	4, 5, 6
Y	J P 38-1257 B1 (安立電波工業株式会社) 1963. 02. 20, 全文, 全図 (ファミリーなし)	7
P, Y	上保 徹志, 北川 喬, 入谷 忠光 ' 定在波を用い数10 cmから測定可能な高分解能レーダ' 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 109 No. 693 (社団法人電子情報通信学会) 2001. 03. 08, p161-166	1, 2, 3
A	J P 5-281341 A (飯田 功) 1993. 10. 29, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8
A	J P 58-198781 A (高木相) 1983. 11. 18, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8